КОНФЕРЕНЦИЯ
CIM
COMMON INFORMATION MODEL
В РОССИИ И МИРЕ • 2026

# Об опыте расширения информационной модели для задач анализа динамической устойчивости

**Снегирев Денис Алексеевич**
Старший эксперт, АО «НТЦ ЕЭС»

# Актуальность и степень разработанности темы

**Актуальность**

- **Унификация информационного обмена** данными о динамических моделях устройств и их параметрах;
- **Требования законодательства** (ПП 2557 – распространение перспективных расчетных моделей в формате CIMXML).

**Степень разработанности темы**

- **Международный стандарт IEC 61970-302.** Общая модель данных для динамики (CIM).
- **Основой** стандартизации динамических моделей устройств при формировании **CIM для динамики** IEC 61970-302 являлись **стандарты IEEE серии 421.5** (системы возбуждения), **материалы IEEE PES-TR1**, **IEEE Transactions on Power Systems**, **CIGRE** (первичный привод), **IEC** (ветроэнергетические установки) и другие.

**Основа проекта расширения ГОСТ Р для динамики – стандарт IEC 61970-302.**

# Состав проекта расширения

**Аналогично IEC 61970-302,** проект расширения **пакета Dynamics** разделен на **два основных пакета**: **StandardModels** и **UserDefinedModels**.

**Стандартные динамические модели (StandardModels**) – принцип действия устройств **открыт**:

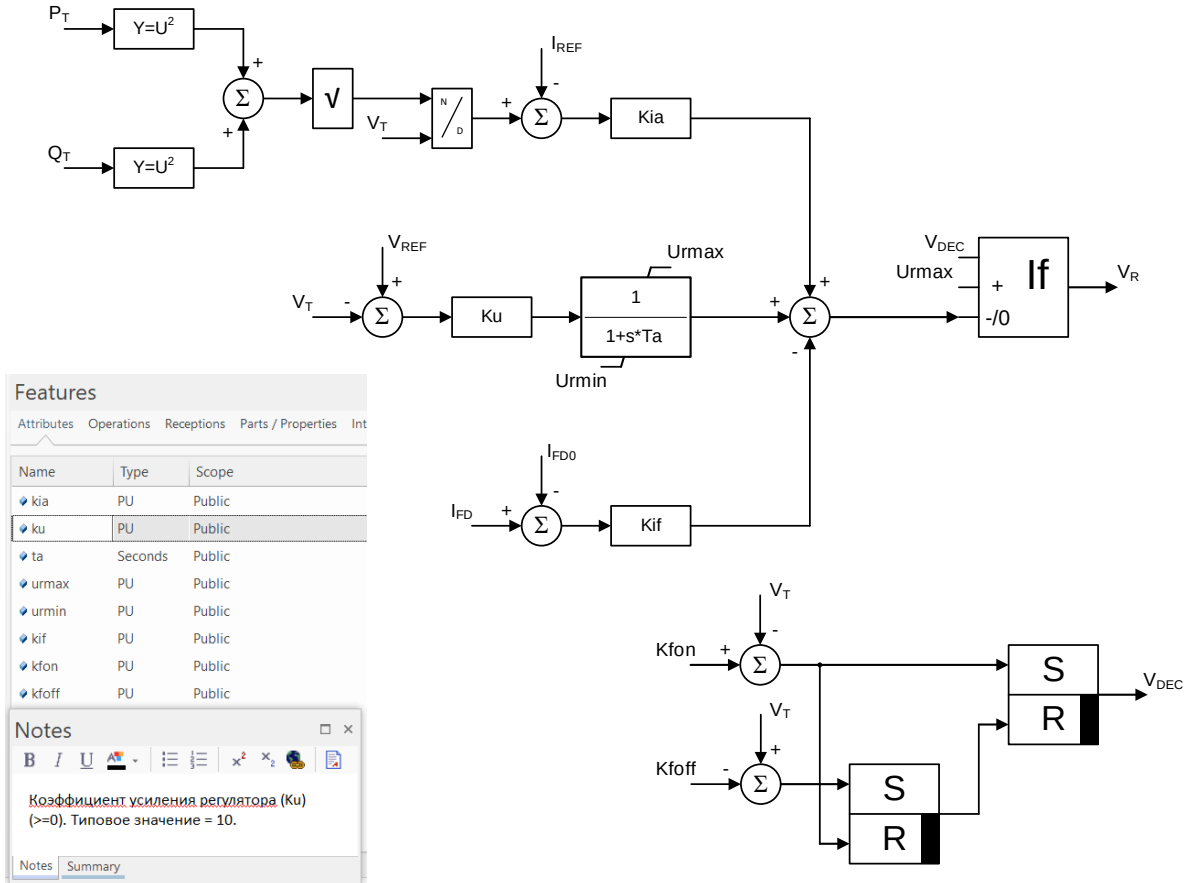
- **Электрические машины** (синхронные и асинхронные генераторы и двигатели);
- **Первичный привод** (паровые, гидравлические и газовые турбины и их регуляторы скорости);
- **Системы возбуждения** (возбудители, автоматические регуляторы скорости, системные стабилизаторы, ОМВ, БОР);
- **Нагрузка** (комплексная нагрузка в виде ДСХН, нагрузка на валу двигателей);
- **ВЭС/СЭС** – упрощенная модель подключения устройств силовой электроники;
- **УШР/СТК** – управляемые средства компенсации реактивной мощности (FACTS).

**Пользовательские динамические модели (UserDefinedModels) – принцип действия устройств скрыт:**

- **Любой тип устройства** – используются абстрактные классы **UserDefined**, ассоциированные с классом для описания параметров **ProprietaryParameterDynamics**.

**Объем проекта расширения: около 30 абстрактных классов, более 120 основных классов, около 1800 атрибутов.**

# Пример описания класса стандартной динамической модели устройства







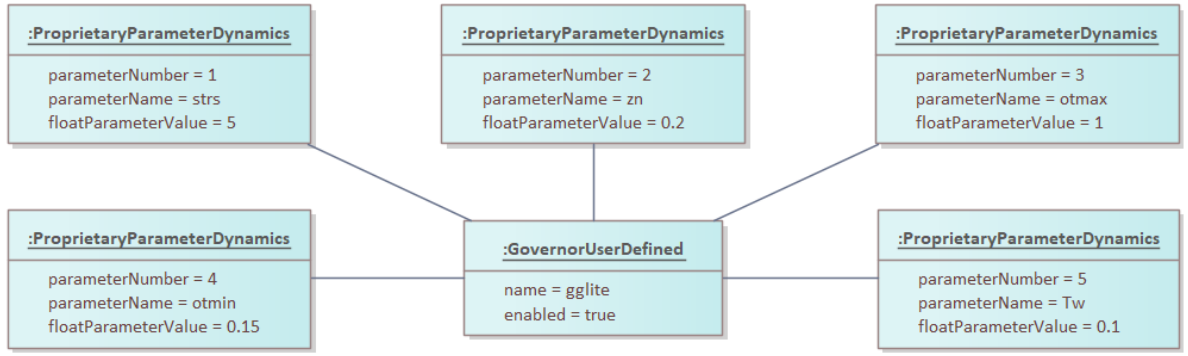
## Обобщённая модель автоматического регулятора возбуждения пропорционального с релейной форсировкой

Описание класса включает (аналогично стандарту **IEC 61970-302**):

- **Набор параметров,** необходимых для настройки динамического поведения устройства, определяемые **атрибутами класса**;
- **Допустимый диапазон значений** и **типовое значение** параметров стандартной модели;
- **Схема устройства** приведена в стандарте (или дана ссылка).

**Среднее количество атрибутов одного основного класса составляет 20-30 штук.**
**Количество атрибутов в одном классе может достигать 90 штук (например, в PSS4C).**

# Пример описания класса и экземпляра класса пользовательской динамической модели устройства




Описание **экземпляра класса** включает:

- **Значение атрибута name**, идентифицирующее тип устройства;
- **Ассоциации с** экземплярами класса **ProprietaryParameterDynamics**, в которых задаются значения параметров, необходимых для настройки динамического поведения устройства.

**Пользовательская модель регулятора скорости турбины**

Описание **класса** включает:

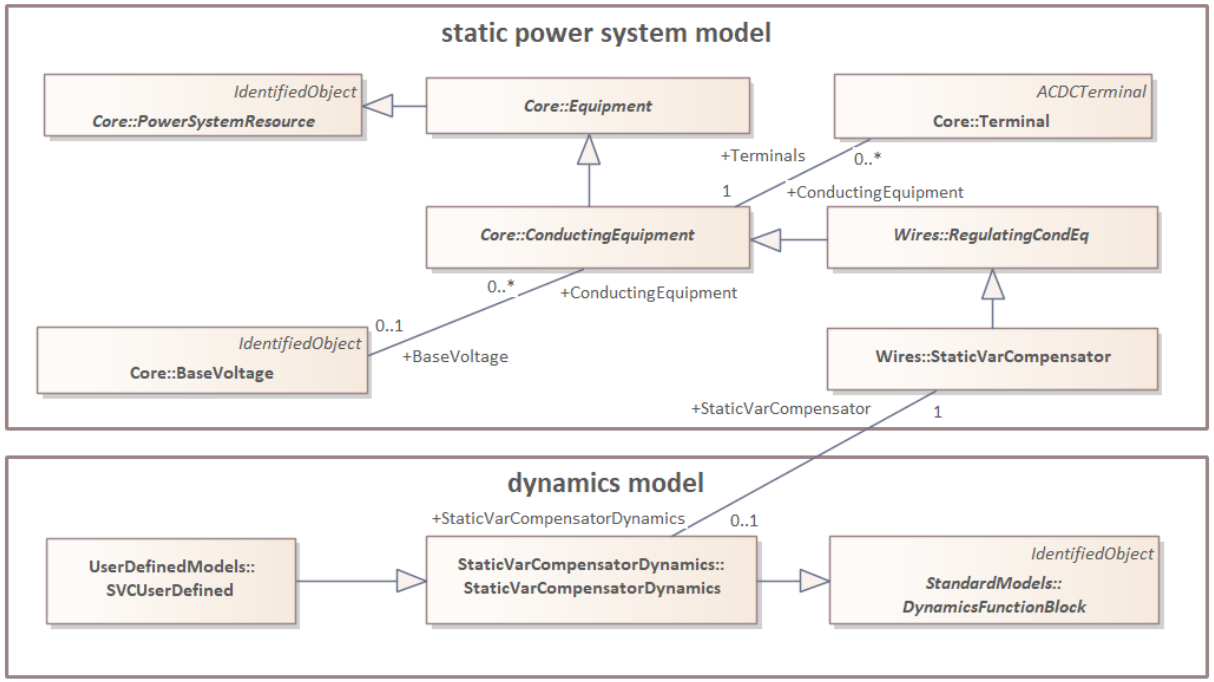
- **Название класса rf:GovernorUserDefined**, определяющее возможности соединения динамических моделей (по ассоциациям класса **rf:GovernorDynamics**).

В описании класса отсутсвуют (должна быть договоренность принимающей и передающей стороны):

- **Диаграмма;**
- **Набор параметров;**
- **Допустимый диапазон значений** и **типовые значения.**

**Обеспечивается максимально гибкий подход, позволяющий описывать устройства любых типов с любым количеством параметров. Но есть риски при интерпретации по атрибуту name.**

# Связь статической и динамической модели оборудования




## Связь статической и динамической модели на примере управляемых средств компенсации реактивной мощности (FACTS)

- Вводится абстрактный класс **StaticVarCompensatorDynamics**
- Класс **StaticVarCompensatorDynamics** наследуется от **DynamicsFunctionBlock**
- Класс **StaticVarCompensatorDynamics** ассоциируется с классом **StaticVarCompensator**
- Динамические модели УШР/СТК наследуются от класса **StaticVarCompensatorDynamics**

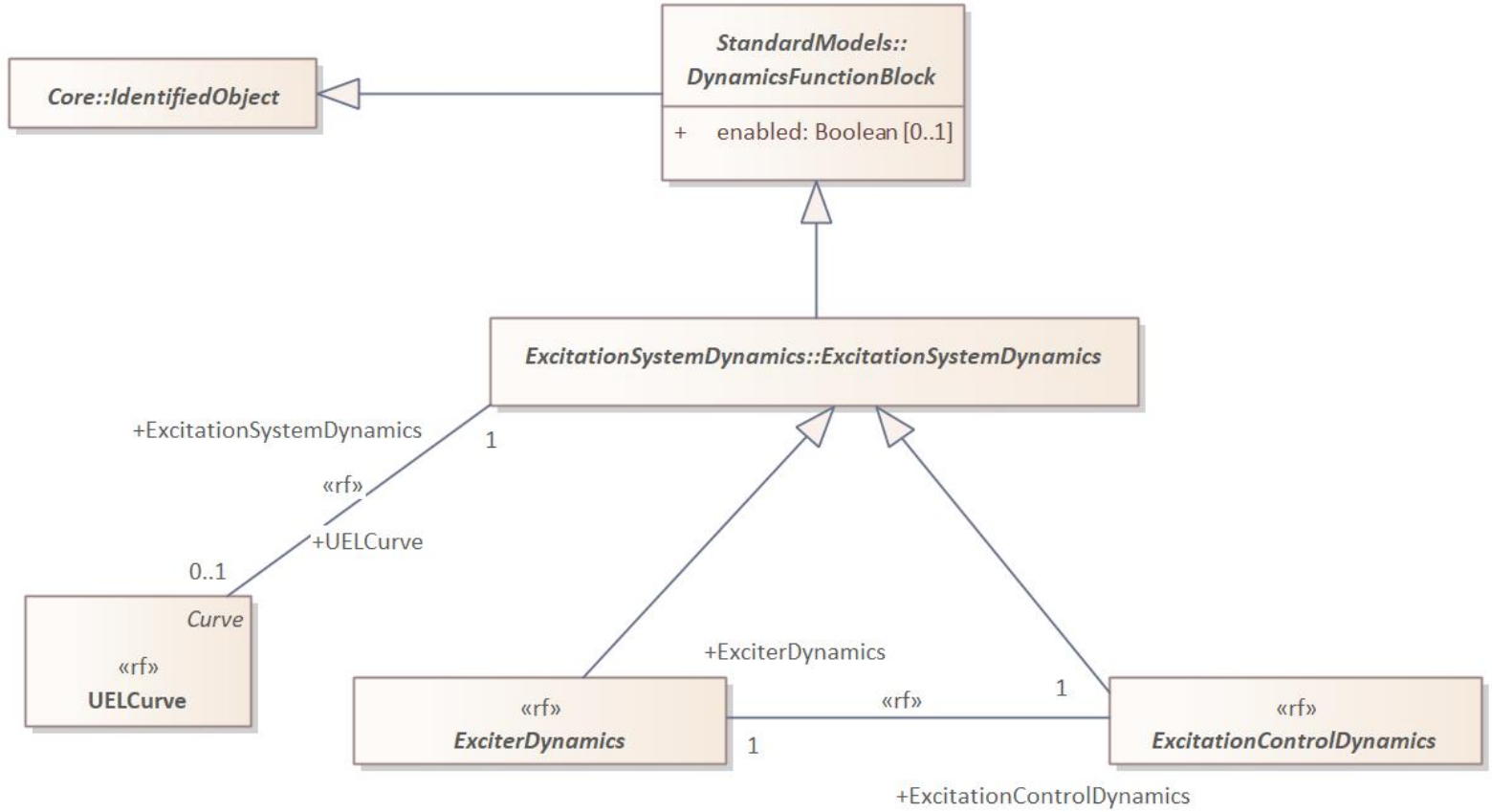
**Аналогичные диаграммы связей разработаны для динамических моделей электрических машин, нагрузок, подключения устройств силовой электроники ВЭС/СЭС.**

# Особенности пакета Dynamics в проекте расширения ГОСТ Р

- **Системы возбуждения.** Помимо обобщенных моделей систем возбуждения (например, соответствующих стандарту IEEE Std. 421.5-2016)в проект ГОСТ Р включены модели устройств, **прошедших сертификацию** на соответствия «Требованиям к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов».
- **Системы возбуждения.** В структуре системы возбуждения **cim:ExcitationSystemDynamics** выделены отдельные абстрактные классы для моделирования возбудителя **rf:ExciterDynamics** и автоматического регулятора возбуждения **rf:ExcitationControlDynamics.** Такой подход позволяет сократить дублирование атрибутов и повысить гибкость представления системы возбуждения (особенно с использованием пользовательских моделей **UserDefined**).
- **Первичный привод.** Аналогично в структуре блока турбины и регулятора скорости **cim:TurbineGovernorDynamics** выделены отдельные классы для моделирования турбины **rf:TurbineDynamics** и регулятора скорости **rf:GovernorDynamics.**
- **Нагрузка.** Добавлена модель статической нагрузки, позволяющая задавать зависимость активной и реактивной составляющих нагрузки от модуля и скольжения вектора напряжения в узле в виде кусочно-заданной функции**.**
- **ВЭС/СЭС.** Упрощенное представление в виде инъекции активной и реактивной мощности, которая не зависит от напряжения в узле подключения (без учета, например, функции LVRT инверторов).

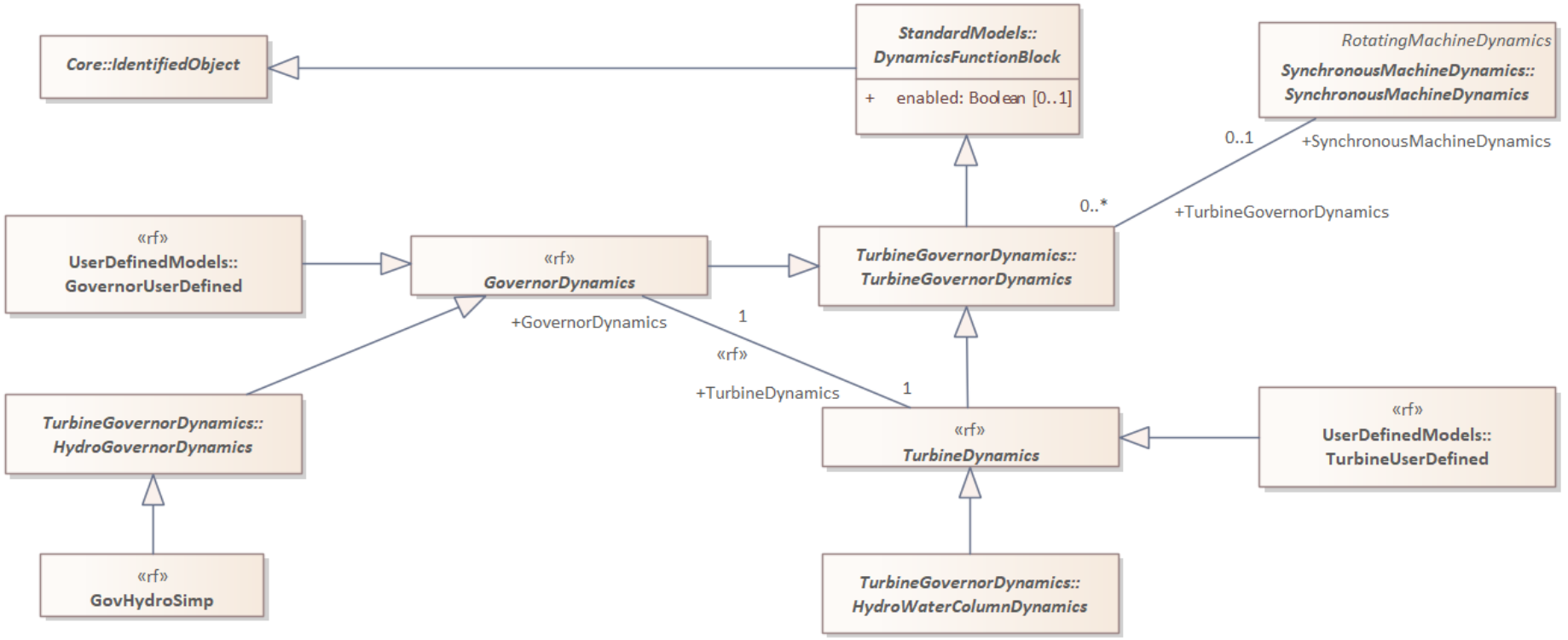
**В состав проекта ГОСТ Р вошли только те динамические модели, которые используются на практике при моделировании электромеханических переходных процессов в ПК RUSTab.**

# Системы возбуждения проекта расширения ГОСТ Р




**rf:ExciterDynamics и rf:ExcitationControlDynamics наследуются от cim:ExcitationSystemDynamics и ассоциируются между собой с множественностью 1 (ассоциация обязательная)**

# Первичный привод проекта расширения ГОСТ Р (на примере гидравлических турбин)




**rf:TurbineDynamics и rf:GovernorDynamics наследуются от cim:TurbineGovernorDynamics и ассоциируются между собой с множественностью 1 (ассоциация обязательная)**

# Перспективы расширения пакета Dynamics в ГОСТ Р




Адаптация пакета **SimulationResults** для обмена **результатами расчётов** электромеханических переходных процессов (включая настройки расчета и сценарий переходного процесса);

Адаптация пакета **DetailedModelDescription** для обмена **детализированными пользовательскими моделями** динамических устройств (например, при сертификации устройств);

Адаптация пакета **WindDynamics** для обмена подробными моделями **ветроэнергетических установок** (модели ВЭУ 1, 2, 3 и 4 типа по стандарту IEC 61400);

Адаптация пакета **IEEE1547Dynamics** для обмена динамическими моделями **распределенной генерации** по стандарту IEEE 1547-2018 (например, подробными моделями фотоэлектрических установок);

Расширение пакета **ExcitationSystemDynamics** новыми стандартными классами **систем возбуждения при сертификации** новых устройств.

# Итоги разработки проекта ГОСТ

**Какие задачи решает** разработанное расширение ГОСТ Р для динамики

- **Выполнение требований законодательства** (распространение перспективных расчетных моделей для анализа динамической устойчивости в формате CIMXML);
- **Информационный обмен в CIMXML** (передача параметров динамических устройств от собственников в СО в формате CIMXML).

**Ожидаемые проблемы**

- **Сложности при сопоставлении** классов и атрибутов **информационной модели** (более близкой к математической модели) **с паспортными данными физических объектов**.

**Основные недостатки**

- **Отсутствие отечественных стандартов по математическим моделям динамических устройств** (систем возбуждения, первичного привода и т.д.) при расчете электромеханических переходных процессов (**информационное моделирование оказывается более первостепенным, чем математическое моделирование**);
- **Отсутствие прототипа импорта/экспорта по проекту ГОСТ** (при разработке после утверждения **есть риск, что получаемые XML будут отличаться от утверждённого ГОСТ**).

---

**О результатах рассмотрения проекта стандарта и разработке прототипа – в следующем году**

КОНФЕРЕНЦИЯ
CIM
COMMON INFORMATION MODEL
В РОССИИ И МИРЕ • 2026

СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

# Спасибо за внимание!

**Снегирев Денис Алексеевич**
snegirev@niipt-ems.ru